農業氣象、空氣污染與酸雨對農業生產影響及因應措施
研討會論文專輯　313-330, 1996

氣象因子對大豆生產之影響

楊純明　李裕娟　蘇慕容
臺灣省農業試驗所農藝系作物逆境研究室

內　容

摘要……314
英文摘要……314
前言……315
氣象因子對大豆幼株生長之影響……315
氣象因子對大豆產量之影響……320
繁殖期氣象因子對大豆種子活力之影響……323
結語……327
誌謝……330
引用文獻……330

氣象因子對大豆生產之影響

楊純明 李裕娟 蘇慕容
臺灣省農業試驗所農藝系作物逆境研究室

摘 要

大豆(*Glycine max* L.)是原產於中國之大陸豆科豆屬植物, 在我國的栽種歷史非常悠久，早在距今3000年以前的殷商時期即有文字紀載, 乃中國傳統的五穀之一。鑑於大豆在國人日常飲食上的佔有的顯著地位, 及其作爲糧食作物的重要性，確有必要瞭解臺灣地區的大豆生產與氣象環境間的關係，以便未來在品種資源維護與延續上落實應用。大豆生育受環境的影響是相當明顯的，若不能充分瞭解氣象因子對大豆生產的效應，將無法選擇合適的栽植地區使大豆發揮其生產潛能，或採行人爲的栽培管理措施排除、減輕氣象逆境，獲得令人滿意的產量與品質。本文乃綜合作者近年的試驗結果做一全盤性的說明，使讀著明白氣象因子如何與大豆的生產過程息息相關，而深刻體會『栽種作物不違其時』的道理。

關鍵詞：大豆、氣象因子、幼株生長、產量、種子活力、發芽。

Effects of Agroclimatic Factors on Soybean Production

Chwen-Ming Yang, Yuh-Jyuan Lee and Muh-Rong Su Crop Stress Research, Department of Agronomy, Taiwan Agricultural Research Insititute, Wufeng, Taichung Hsien, Taiwan 41301, ROC

Abstract: The cultivation history of soybean in China can be traced back to more than 3,000 years ago in ancient Shang Dynasty. It became one of the traditional Five-grains in daily meals of Chinese people. In Taiwan, soybean once occupied an annual acreage of 60,000 hectares as a major dryland crop. Despite a down-sizing in production nowadays, soybean is still an important food crop and be emphasized in yield stability and grain quality for research. As the growth and yield of soybean are vulnerable to environmental stress, it is necessary to fully understand soybean-climate relations in order to improve cultural practices relieving soybean from climatic restraints. Such information is also required for selecting suitable climate for potentail soybean production. It is the purpose of this paper to sumarize the current research progress by the authors and to explain the reason why soybean should be planted on the right time.

Key words: Soybean, Climatic factors, Seedling growth, Yield, Seed vigor, Germination.

前 言

大豆(*Glycine max* L.)，或稱黃豆，在分類學上屬於豆科(Leguminosae)豆屬(Glycine)，爲一年生C_3型植物。大豆原產於中國大陸，早在距今3000年以前的殷商時期即有文字紀載，乃中國傳統的五穀之一，栽種歷史悠久。大豆的衍生產物用途很廣，不僅可供食用(如豆腐、豆干、豆漿等)，也可作爲食用油(如大豆油)、飼料(如豆餅、豆渣、豆粉等)。大豆植株也可當做綠肥使用，或調製成青刈草、青芻草、乾草等成爲飼料，甚至晒乾後用爲燃料。當做毛豆的大豆品系(種)，則以食用尙未黃熟的種仁爲主，著重鮮食風味。

由於農業科技的發展及對糧食的需求，和因應稻田轉作及水旱田輪種的需要，大豆在臺灣地區的栽培面積曾一度廣達5～6萬公頃之多，年產量超過6萬公噸(表一)。近年來隨著雜糧的大量進口及農業政策的調整，大豆的生產已逐年遞減，且政府預定自民國八十八年起停止包括大豆在內的雜糧保價收購。然而大豆的許多加工產品多爲國人傳統食物, 著重地方風味，同時在品種資源維護與延續上亦有種原保存的必要，因此大豆的栽植仍有適量的需要。臺灣地區未來的大豆生產將朝穩定的產量、優良品質、與地方特色等方向進行，故研發工作也應配合執行才能落實。

爲獲得高品質的大豆，首當瞭解大豆生產與氣象環境的關係，據以適期栽種符合其遺傳組成特性，發揮其生產潛能。大豆自播種起，其幼株出土與建立即受到氣象條件的限制，爾後植株的生長、發育、乃至於開花、結實等莫不受氣象因子的影響。尤有甚者，繁殖期間的氣象變化也控制著種子未來的表現，如發芽百分比的高低與幼苗生長的快慢等，均因種子的組成分與活力不同呈現差異。由於特殊的地理條件與地形特徵，臺灣地區的氣象變化十分豐富，爲期究明氣象因子對大豆生產的影響，作者乃進行系列田間試驗以深入探討。本文即綜合近年的試驗結果闡述，試以解析大豆生育與氣象環境的關係，提供識者參考。

Table 1. Changes of soybean cultivation area and production in Taiwan from 1940-1994.

Year	Cultivation area	Yield per hectare	Annual production
	ha	kg ha^{-1}	ton
1940	4257	631	2683
1945	7405	264	1957
1950	20300	618	12543
1955	34510	700	24150
1960	59665	882	52653
1965	53176	1236	65709
1970	42749	1525	65174
1975	41446	1495	61920
1980	15329	1692	25934
1981	10312	1543	15883
1982	7782	1548	12043
1983	5594	1536	8592
1984	5535	1725	9546
1985	7118	1717	12211
1986	9449	1605	14890
1987	9017	2002	18043
1988	7923	1901	14641
1989	5854	1915	10956
1990	4213	1945	8140
1991	4043	2061	8333
1992	4195	2173	8562
1993	5421	2355	12715
1994	5691	2110	12005

(Adapted from Taiwan Agricultural Yearbook, 1941-1995)

氣象因子對大豆幼株生長之影響

氣象環境是決定作物能否發揮其遺傳潛力最重要的變數之一，因此在先進國家的農業生產體系中，特別重視農業氣象的

研究與應用。在作物的栽培期間其生長發育受到許多氣象因子的調節，然而各氣象因子間常相互影響，增加了釐清的困難。所以針對氣象條件對作物影響的試驗，常以控制環境下單一或兩個氣象因子進行(Baker et al., 1089; Britz, 1990; Hammer and Vanderlip, 1989; Reddy et al., 1992; Tollenaar, 1989; Yang, 1990)。雖然控制環境下的試驗結果，在資料取得與分析上較易精準的掌握，若欲應用於田間栽培則有不夠周延之嫌。因爲自然狀況下的氣象變化係所有氣象因子的組合，含有時間與空間的變異，而且作物在田間的生長行爲與控制環境內的表現並不完全一致。因此田間試驗雖然繁複、耗時費力，但是憑藉試驗統計方法，仍能分析與歸納出合理結果，提供作物較爲眞實一面的實際表現。

當大豆播種於田間後，早期的生長不僅決定族群是否完整建立，也影響後期的生育優劣。因此瞭解氣象環境對大豆幼株生長表現的效應，除了解釋適期栽種的重要性外，更提供有用的栽培管理資訊，以利採行有效的措施來人爲改善田間微氣象，提高大豆幼株的生長效率。經由田間週年栽培(1994年)試驗，Su et al. (1996)發現三週齡大豆(參試品種爲高雄選一號KS1、高雄二號K2、高雄三號K3、及高雄選十號KS 10)幼株的生長差異與氣象環境相關(圖一)，莖高以溫暖月份(6～8月)較高，且品種間存有差異。每株葉片數與葉面積也因爲栽植月份的不同氣象組成而有不同，各品種在不同月份的變化趨勢類似，以4～8月較高，但品種間差異顯著。

Table 2. Changes of agrometeorological factors during the early growth phase of soybeans planted in 1994-1995.

Planting month	Accu.@ temp	Accu. irrad.	Accu. SH	Accu. precip.	Avg. WS	Avg. RH	Accu. evap.
	℃	MJ m^{-2}	hr	mm	m s^{-1}	%	mm
JAN	376.8	215.77	118.9	22.5	2.33	79.05	6.3
FEB	364.0	143.44	47.7	125.0	2.49	83.88	4.0
MAR	351.0	148.86	39.4	51.0	2.56	82.06	40.3
APR	494.3	278.36	49.4	9.0	2.50	82.28	76.0
MAY@@	522.2	223.93	22.0	99.5	2.00	84.48	59.6
JUN	571.4	297.27	121.7	171.0	2.96	na@@@	69.9
JUL	560.8	287.03	102.5	243.5	2.55	77.32	70.5
AUG	665.3	367.74	156.3	132.5	2.99	78.91	89.4
SEP	491.4	256.97	80.1	5.0	2.22	77.68	68.7
OCT	496.8	252.70	115.8	6.5	2.78	79.53	67.2
NOV	448.5	220.08	148.7	0	1.75	80.45	43.1
DEC	453.0	163.98	85.3	10.0	2.20	81.08	43.8

@: Accumulated daily mean air temperature, accumulated daily irradiance, accumulated daily sunshine hours, accumulated daily precipitation, average wind speed, average relative humidity, and accumulated daily evaporation.

@@: in 1995.

@@@: not available. (After Su et al., 1996)

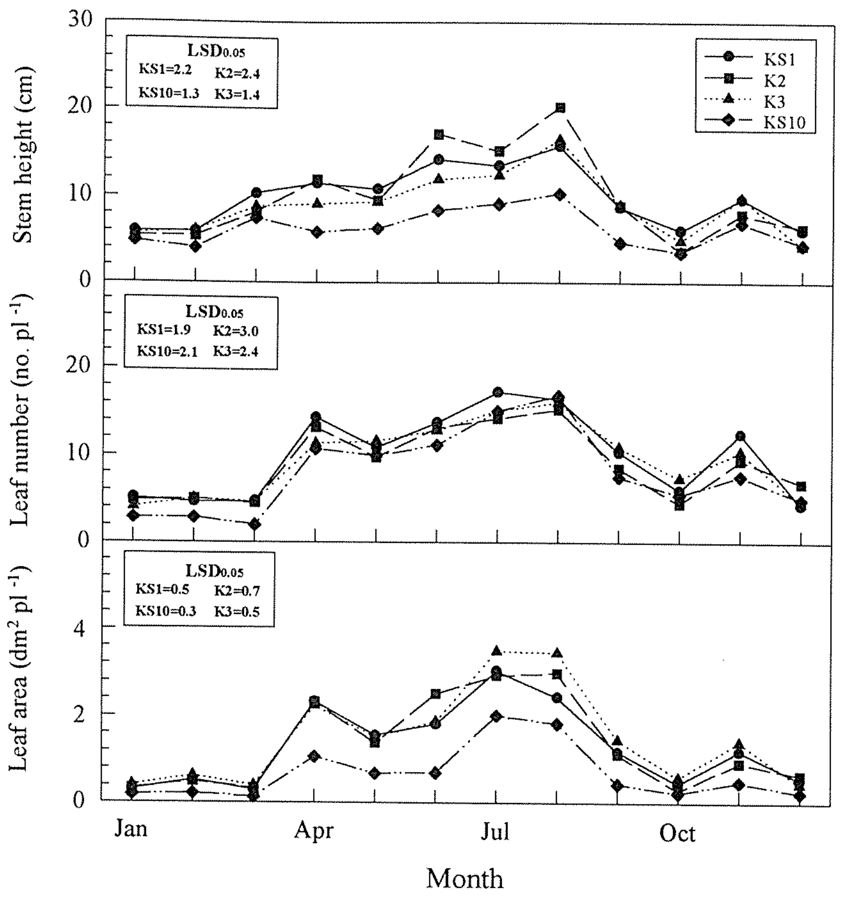

Fig 1. Effect of planting months on growth characters of 3-wk old soybean plants in 1994-1995.

大豆幼株乾物質的蓄積亦受到氣象因子的影響，如圖二所示，各品種均以4～8月份所蓄積的乾物重較高，1～3月間的較低。對照表二的氣象資料，初步發現4～8月栽培期間的累積氣溫、日射量及日照時數皆高，且雨量充足;而1～3月的氣溫明顯偏低，日射量不足。(莖稈/根)重量比也隨著栽植月份的氣象條件而異，比值明顯較低的月份爲2、10及12 月。將週年內各栽植期(三週)的氣象資料進行相關分析後，顯示以累積氣溫與累積日射量的相關係數最大(表三)，達0.908 ($P < 0.01$)。此兩項是促進大豆幼株生長的主要氣象因子，而兩者並不互相獨立。另外，累積氣溫及累積日射量分別與累積蒸發量的相關係數也高達0.862及0.800，顯示其關係密切。相對濕度與其他氣象變數則皆呈顯著的負相關，值得注意。

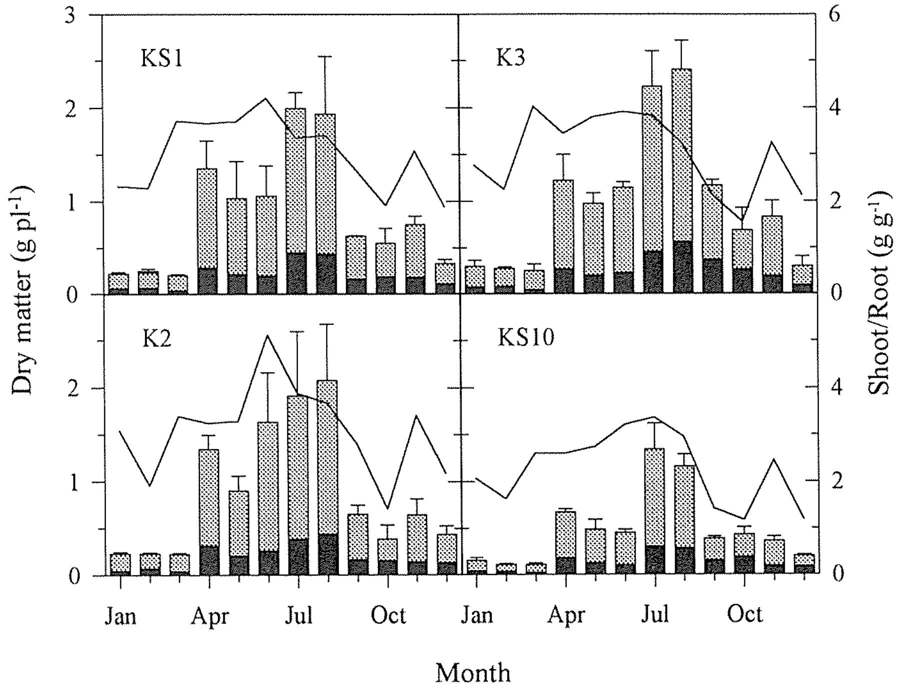

Fig 2. Effect of planting months on dry matter and shoot/root ratio of 3 wk old soybean plants in 1994-1995. The solid bars are dry weight of root and the shaded bars are dry weight of stem plus leaf. Standard deviation is included.

由氣象因子對葉面積及植株乾物重的逐步回歸分析結果，發現以累積日射量的平方項對葉面積的貢獻最大，淨F值測驗達538.95(表四)。最後模式的決定係數爲0.8994，累積日射量的平方項一項的淨決定係數即達0.8(資料未列出)。由於前述氣溫與日射量的高度相關(r= 0.908)，導致累積溫度對葉面積的影響隱匿於累積日射量中，模式未直接顯示氣溫對葉面積的特別重要性。進入模式之其他五項氣象變數雖通過0.05及0.1的進入與剔除門檻，相較於累積日射量的平方項對模式的貢獻較小。植株乾物重的氣象模式表現類似趨勢(表四)，亦以累積日射量的平方項貢獻最大，淨F值達670.09，其餘三項淨F值皆小於40。而累積氣溫的效應仍隱匿在累積日射量的作用中，不能被單獨評估。以上綜合四品種的分析結果雖然顯示累積日射量的平方項是最具決定性的氣象因子，但實際上溫度效應與日射量是聯結在一起的，兩者共同影響而不可區分。另不同大豆品種皆可單獨建立其氣象模式，獲得一套參數估值，這也說明了氣象因子對大豆農藝性狀的效應存在品種間的歧異，各品種最主要的影響因子是累積日射量的平方項，而次要因子各品種則或有不同。

Table 3. Correlation analysis of agrometeorological factors during growth of 3-wk old soybean plants in 1994-1995.

Trait	Accu.@ temp	Accu. irrad.	Accu. SH	Accu. precip.	Avg. WS	Avg. RH	Accu. evap.
Accu. temp	1. 000						
Accu. irrad.	0. 908 **	1. 000					
Accu. SH	0. 442 **	0. 555 **	1. 000				
Accu. precip.	0. 466 **	0. 355 **	0. 062 ns	1. 000			
Avg. WS	0. 430 **	0. 497 **	0. 235 **	0. 459 **	1. 000		
Avg. RH	-0. 390 **	-0. 551 **	-0. 703 **	-0. 106 ns	-0. 254 **	1. 000	
Accu. evap.	0. 862 **	0. 800 **	0. 218 **	0. 207 *	0. 374 **	0. 344 **	1. 000

@ : Accumulated daily mean air temperature, accumulated daily irradiance, accumulated daily sunshine hours, accumulated daily precipitation, average wind speed, average relative humidity , and accumulated daily evaporation.

*, ** and ns: Significant at $\alpha = 0.05$, 0.01 level and not significant, respectively.

(After Su et al., 1996)

Table 4. Stepwise regression for leaf area and plant dry matter of 3-wk old soybean plants on agrometeorological factors.

SOV	df	SS	MS	F	Prob > F	Model R^2
Leaf area						
Regression	6	2783999. 67	463999. 95	187. 84	0. 0001	0. 8994
Residual	126	311240. 02	2470. 16			
Plant dry matter						
Regression	4	120. 50	30. 13	299. 33	0. 0001	0. 9048
Residual	126	12. 68	0. 10			

Step	Variable entered	Parameter estimated	Standard error	Partial F
Leaf area				
1	Accu. irrad.^{2}@	2.92×10^{-3}	4.32×10^{-4}	538. 95
2	Accu. precip.	7.57×10^{-1}	7.83×10^{-2}	42. 61
3	Avg. WS	- 89. 75	16. 41	16. 04
4	Accu. evap.	1. 59	3.33×10^{-1}	15. 32
5	Avg. RH	2. 20	4.98×10^{-1}	8. 32
6	Accu. temp.^{2}	-6.27×10^{-4}	1.84×10^{-4}	11. 57
Plant dry matter				
1	Accu. irrad.^{2}	1.06×10^{-5}	1.50×10^{-6}	670. 09
2	Accu. precip.	3.43×10^{-3}	4.16×10^{-4}	36. 11
3	Avg. WS	-1.78×10^{-1}	2.96×10^{-2}	20. 19
4	Accu. evap.	7.06×10^{-3}	1.67×10^{-3}	17. 77

@ : The square of accumulated daily irradiance, accumulated daily precipitation, average wind speed, accumulated daily evaporation, average relative humidity, and accumulated daily mean air temperature. (After Su et al., 1996)

氣象因子對大豆產量之影響

無論係有限型或無限型的大豆都受到氣象環境的影響，改變其生長與產量(Huang and Tsaur ， 1994) 。Sinclair and Rawlins (1993)指出以未來全球氣候變遷的趨勢，大豆生產的變異性將增大，然而其增產的潛能也相對的增加。為瞭解氣象因子對大豆產量的影響，Yang and Fan (1996)乃實際調查田間週年栽培(1994年)的大豆產量，分析其與氣象環境的關係。Yang and Fan (1996)之試驗顯示，大豆的籽粒產量及種子產量均因繁殖期及品種呈現顯著差異，繁殖期與品種間並出現明顯交感(表五)。此一結果表示大豆的產量表現與繁殖期的氣象條件相關，而品種間的差異性亦達顯著。由於種子產量與籽粒產量呈正相關(資料未列出)，同時感受氣象變因效應，甚且種子大小也出現明顯差異(圖三)，為獲得高品質的種子勢必慎選合適氣象條件的播種期。

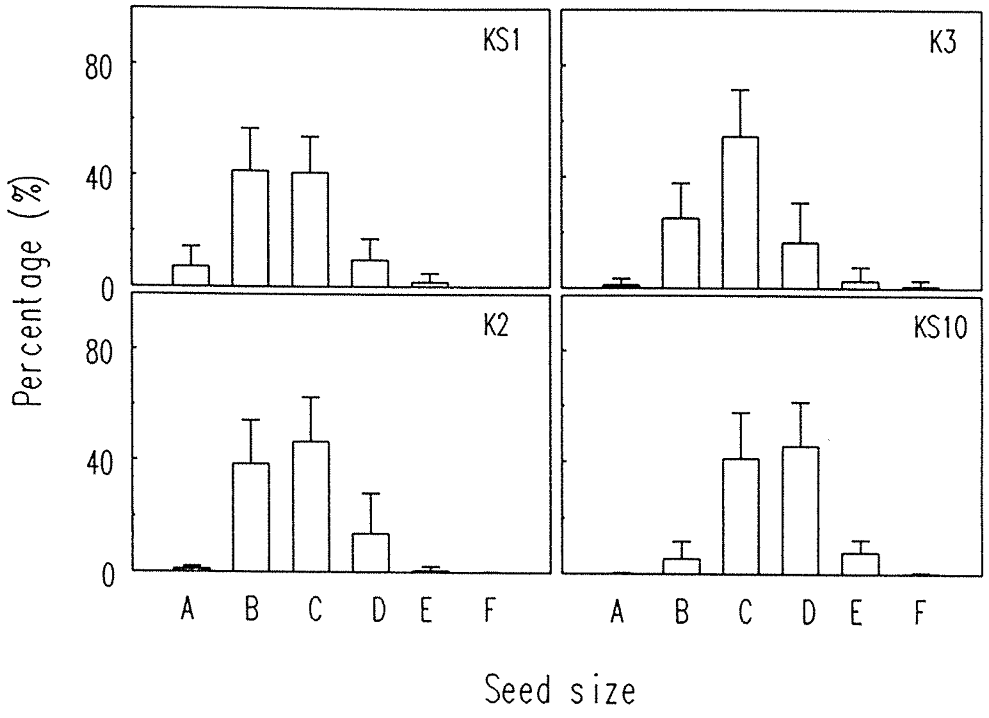

Fig. 3. The distribution of seed size of soybean from annual cultivation in 1994. (After Yang and Fan, 1996)

Table 5. Analyses of variance for grain and seed yields of soybeans planted from January to December in 1994.

SOV	Yield: Grain	Seed
Planting date (P)	**	**
Genotype (G)	**	**
P x G	**	**

**: Significant at 0.01 level. (After Yang and Fan, 1996)

Table 6. Regression analyses of soybean yields and climatic factors during the growing periods of soybeans planted in 1994. (After Yang and Fan, 1996)

Yield	Climatic factor	Regression equation	r
Grain yield (GY)	ADMT	GY= -1352.667+1.227 ADMT	0. 472**
	ADIR	GY= -846.351+2.057 ADIR	0. 467**
	ADPR	GY= 900.096+1.649 ADPR	0. 578**
	ADMT, ADIR	GY= 12497.000-35.467*ADMT+50.500*ADIR-0.006*ADMT*ADIR+0.009*ADMT^2-0.016*ADIR^2	0. 759**
	ADMT, ADPR	GY= -10724.000+14.470*ADMT-24.945*ADPR+0.014*ADMT*ADPR-0.004*ADMT^2 -0.007*ADPR^2	0. 696**
	ADIR, ADPR	GY= -9049.461+20.497*ADIR-12.736*ADPR+0.012*ADIR*ADPR-0.010*ADIR^2 -0.001*ADPR^2	0. 754**
	ADMT,ADIR,ADPR	GY= -1021.693-9.418*ADMT+29.313*ADIR-19.455*ADPR-0.013*ADMT*AADIR+0.016*ADMT*ADPR-0.009*ADIR*ADPR+0.004*ADMT^2+0.002*ADIR^2-0.007*ADPR^2	0. 819**
Seed yield (SY)	ADMT	SY= -1158.883+0.946*ADMT	0. 381**
	ADIR	SY= -724.770+1.551*ADIR	0. 369**
	ADPR	SY= 544.075+1.351*ADPR	0. 496**
	ADMT,ADIR	SY= 12657.000-32.215*ADMT+43.403*ADIR-0.004*ADMT*ADIR+0.008*ADMT^2 -0.015*ADIR^2	0. 685**
	ADMT,ADPR	SY= -10043.000+23.258*ADMT-16.088*ADPR+0.016*ADMT*ADPR-0.012*ADMT^2 -0.003*ADPR^2	0. 662**
	ADIR,ADPR	SY= -9049.461+20.497*ADIR-12.736*ADPR+0.012*ADIR*ADPR-0.010*ADIR^2 -0.001*ADPR^2	0. 730**
	ADMT,ADIR,ADPR	SY= -2700.407-8.087*ADMT+30.287*ADIR-21.839*ADPR-0.011*ADMT*ADIR+0.014*ADMT*ADPR-0.002*ADIR*ADPR+0.003*ADMT^2 -0.002*ADIR^2 -0.008*ADPR^2	0. 771**

ADMT, ADIR and ADPR: accumulated daily mean temperature, irradiance and precipitation for the growing period, respectively.

*, **: significant at 0.05 and 0.01 level, respectively.

從回歸分析結果發現，大豆籽粒及種子產量受到氣象因子的影響，生育期間的累積氣溫、累積日射量、及累積降水與產量呈顯著的相關，且相關係數隨著因子的增加而升高(表六)。顯然的，繁殖期間的氣象環境密切關係著大豆產量的高低，其中又以氣溫、日射量及降水量的效應最突顯。此外，大豆的百粒重也有類似的結果(資料未列出)，仍然以這三項因子爲主要的模式變因。因此，如同大豆的生長影響一般，應慎選適當的栽種季節(或繁殖期)、合適的氣象因子組合，才能預期並確保穩定的大豆產量表現。

繁殖期氣象因子對大豆種子活力之影響

除了生長與產量之外，大豆種子的大小、組成分、活力及儲藏壽命也隨著繁殖季節而異，影響種子的品質。而種子品質的好壞，關係著作物出土率的高低、幼株的强弱、及族群建立的良窳，乃至作物的最終產量(Steiner et al., 1989; Tekrony and Egli, 1991; Wilson et al., 1992)。Lee et al. (1996)乃以田間試驗來探討繁殖期的氣象環境對大豆種子活力的影響，進一步以模式分析解釋氣象因子對大豆種子發芽與胚根伸長行爲的效應。由圖四顯示，不同繁殖期所生產的大豆種子發芽百分比並不一致，換言之，種子的發芽行爲受到繁殖期氣象環境的影響。若逕將發芽百分比與氣象因子作相關分析，可以發現高雄二號(K2)及高雄三號(K3)的發芽百分比與繁殖期間的累積日射量、累積氣溫、及累積降水量呈負相關，高雄選十號(KS10)則僅與前兩項有關(圖五A、五B及五C)，據此可知品種間對氣象因子的反應有別。

進一步做逐步複回歸分析以瞭解多因子的綜合效應後，發現高雄二號及高雄選十號的種子發芽百分比與繁殖期間的累積日射量及累積降水量呈二元一次複相關，高雄三號則與累積降水量及累積氣溫呈二元一次複相關，品種間亦存有差異(表七)。由此可知，除了種子含水量外，氣象因子亦爲影響種子活力的因素之一。

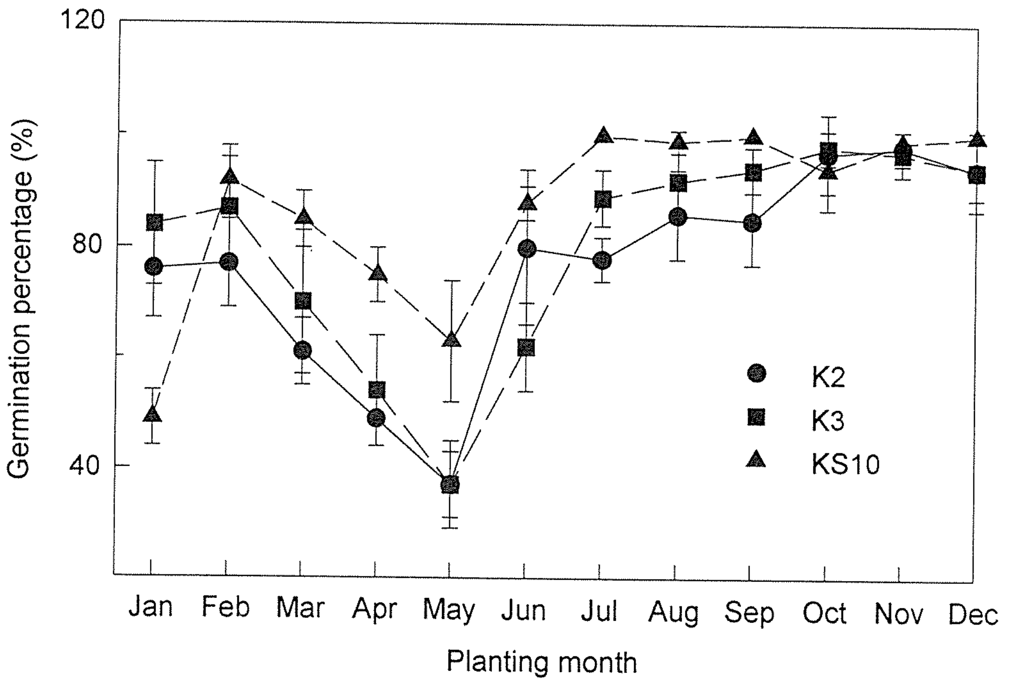

Fig 4. Germination percentage of *Glycine max* L. obtained from different planting months in 1994.

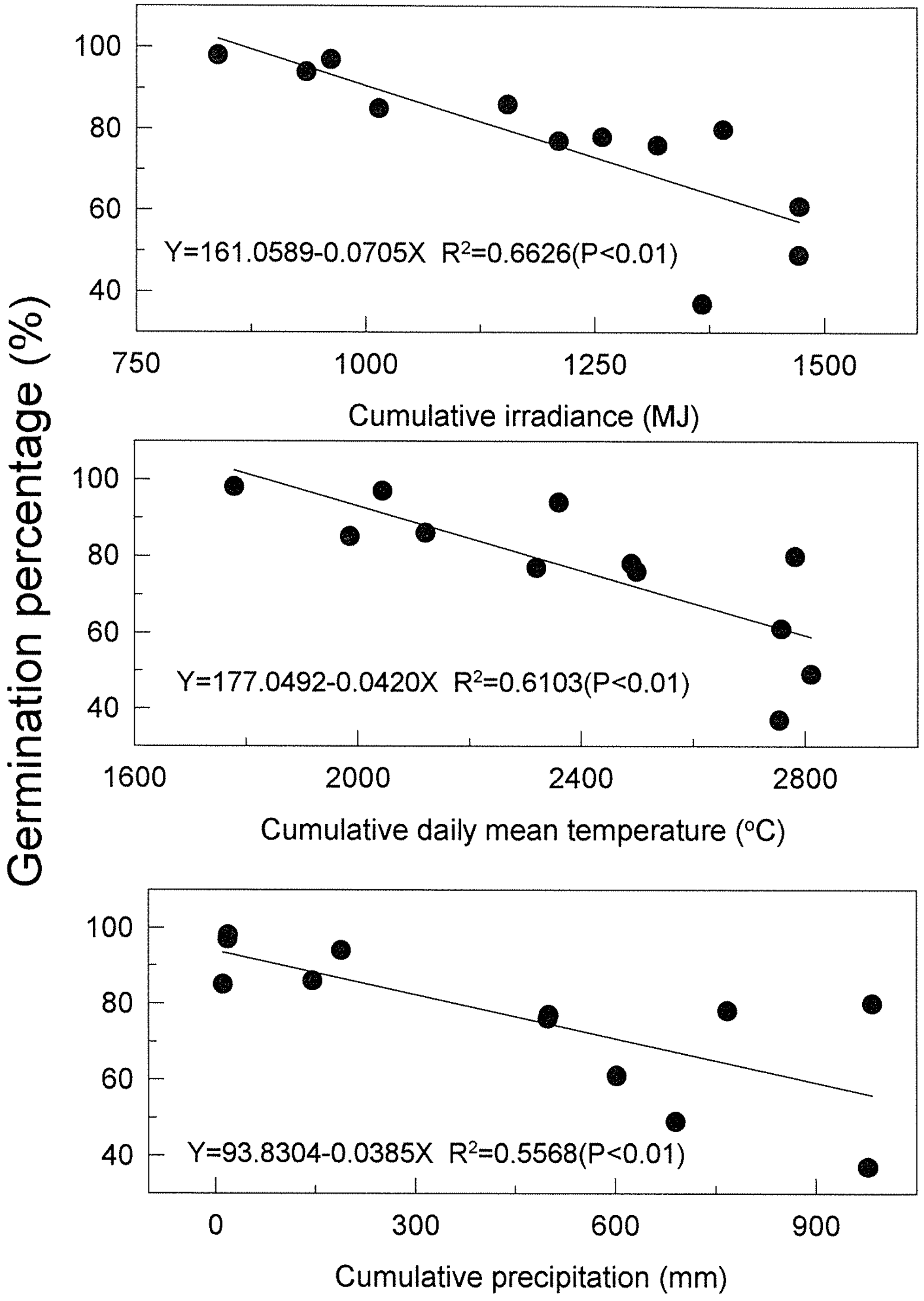

Fig 5A. The correlations of cumulative irradiance, daily mean temperature, and precipitation and germination percentage of *G. max* L. cv. Kaohsiung No.2 grown in 1994.

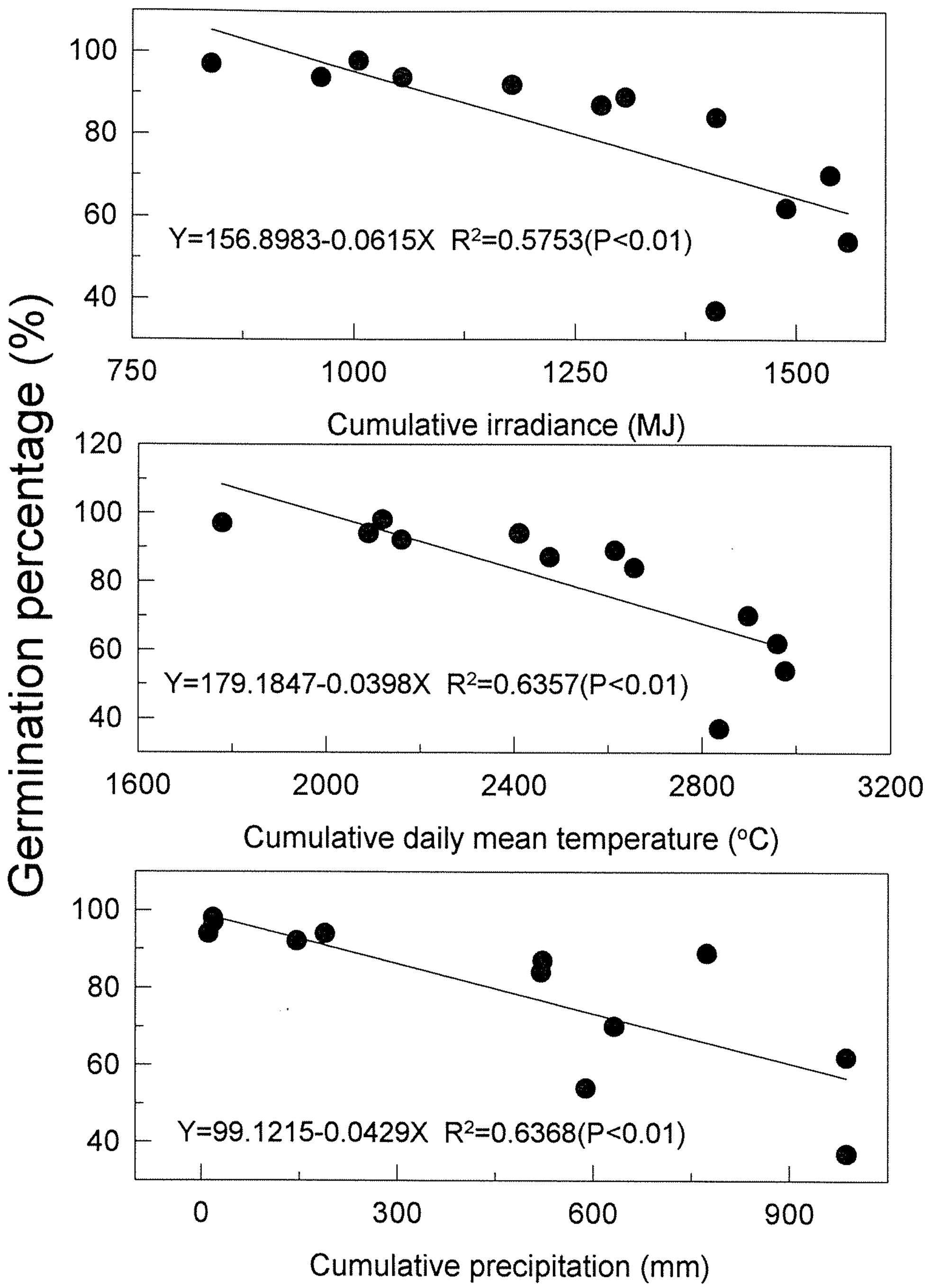

Fig 5B. The correlations of cumulative irradiance, daily mean temperature, and precipitation and germination percentage of *G. max* L. cv. Kaohsiung No.3 grown in 1994.

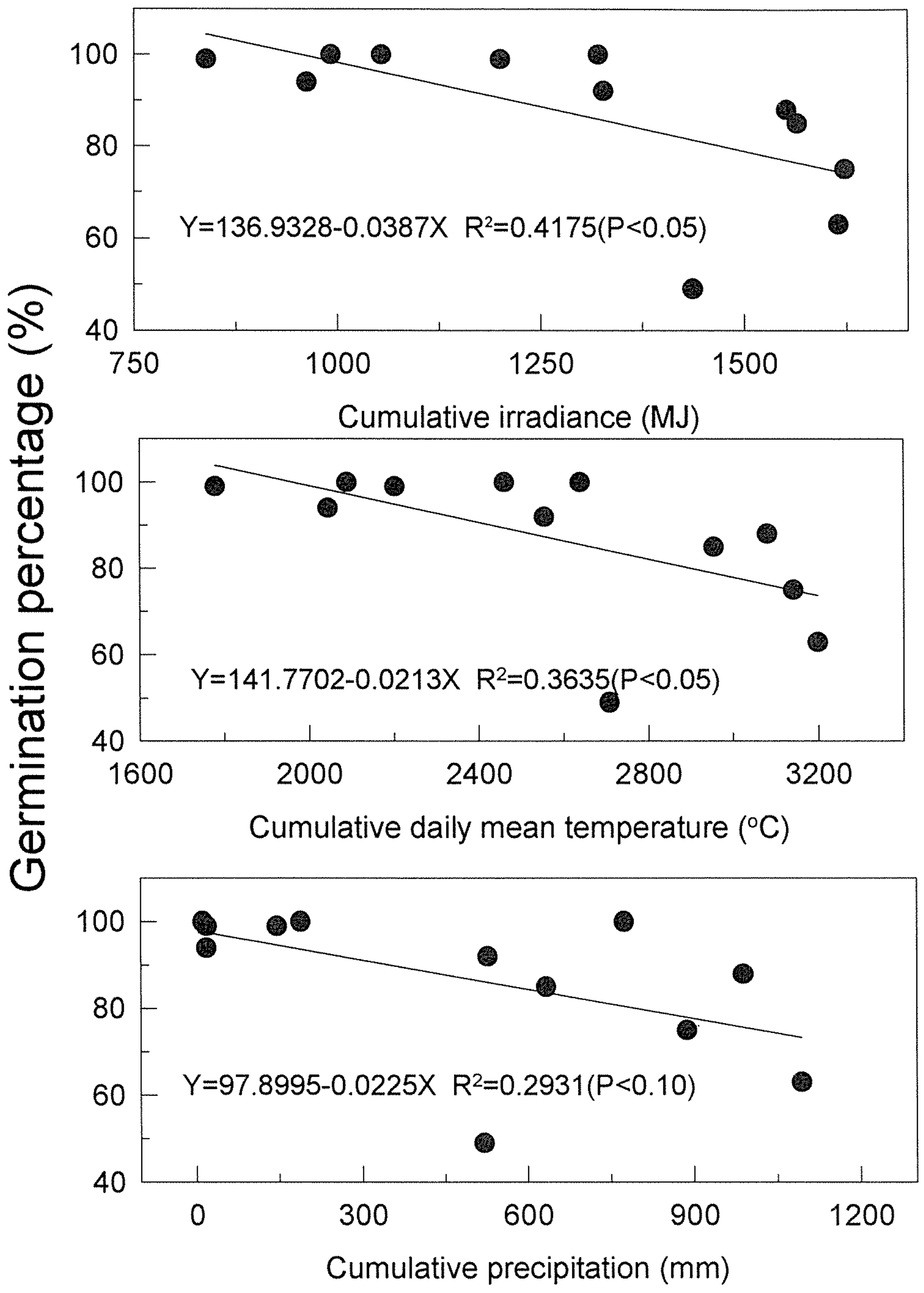

Fig 5C. The correlations of cumulative irradiance, daily mean temperature, and precipitation and germination percentage of *G. max* L. cv. Kaohsiung Sel.10 grown in 1994.

Table 7. Regression analyses of climatic factors and germination percentage of soybeans grown in 1994.

Cultivar	Parameter	Equation	R^2	P
K2	X1	Y= 161.040-0.071 X1	0.6625	0.0013
	X1，X3	Y= 147.978-0.056 X1-0.010 X3	0.6741	0.0064
K3	X3	Y= 100.282-0.044 X3	0.7089	0.0006
	X2，X3	Y= 116.765-0.008 X2-0.036 X3	0.7131	0.0036
KS10	X1	Y= 136.929-0.039 X1	0.4174	0.0232
	X1，X3	Y= 151.413-0.054 X1+0.012 X3	0.4313	0.0789

Y: Germination percentage (%).
X1: Cumulative irradiance (MJ m^{-2}) over growing period.
X2: Cumulative daily mean temperature over growing period.
X3: Cumulative precipitation over growing period. (After Lee et al., 1996)

Lee et al. (1996)並試以Weibull function分析週年栽培試驗各繁殖期生產的大豆種子發芽行爲，結果顯示Weibull function適用性極高，相關係數皆達0.97以上(資料未列出)。其中，累積發芽百分比以7～12月份較穩定，可達80%以上; 4～6月份的較差，甚至低於50%。品種間存有差異，高雄二號及高雄三號對低溫環境較敏感，高雄選十號則適應性佳，全年生產的種子發芽百分比均超過75%。圖六將各品種各月份的發芽行爲綜合顯示，雖然高低有別，但是皆符合Weibull function分布。所歸納分析得到的曲線及其方程式，可以解釋99%以上的資料變異。

大豆種子胚根伸長趨勢，則適用於Richards function來解釋(圖七)，各品種各月份的伸長程度差距頗大，且品種間存有差異。圖七所歸納分析得到的各品種代表曲線及其方程式，也能夠解釋99%以上的資料變異。三品種的速率常數和曲線形狀類似，而高雄選十號的漸近線最大値高於另兩品種。綜此結果，再次證明氣象因子對大豆發芽行爲的影響，然而藉由適當的模式函數，仍可以歸納出條理。

結　　語

欲充分發揮作物的生產潛能，獲得令人滿意的產量與品質，適時適地適作原則是必須遵守的。經由上述試驗結果的證明，大豆的生育受到氣象環境的影響是十分明顯的。不同的地區有其特有的氣象環境，當然就有其特別的生長季節，違逆作物的栽種適期使喪失其特別適應性，終將得不償失、事倍而功半。

瞭解氣象因子對大豆生產的影響，將不僅提供必要的資訊以利育種工作的實際需要，相對的也告訴了栽種者大豆對環境的適應性與適應能力，得以選擇適當的環境進行大豆的栽種。此一資訊同時提供栽培管理正確的思考路徑，據以研擬出合理的管理策略，或研發出有效的栽培措施，給予大豆適時的調適去減輕或避免氣象逆境，維繫大豆生產系統的穩定性，更以維

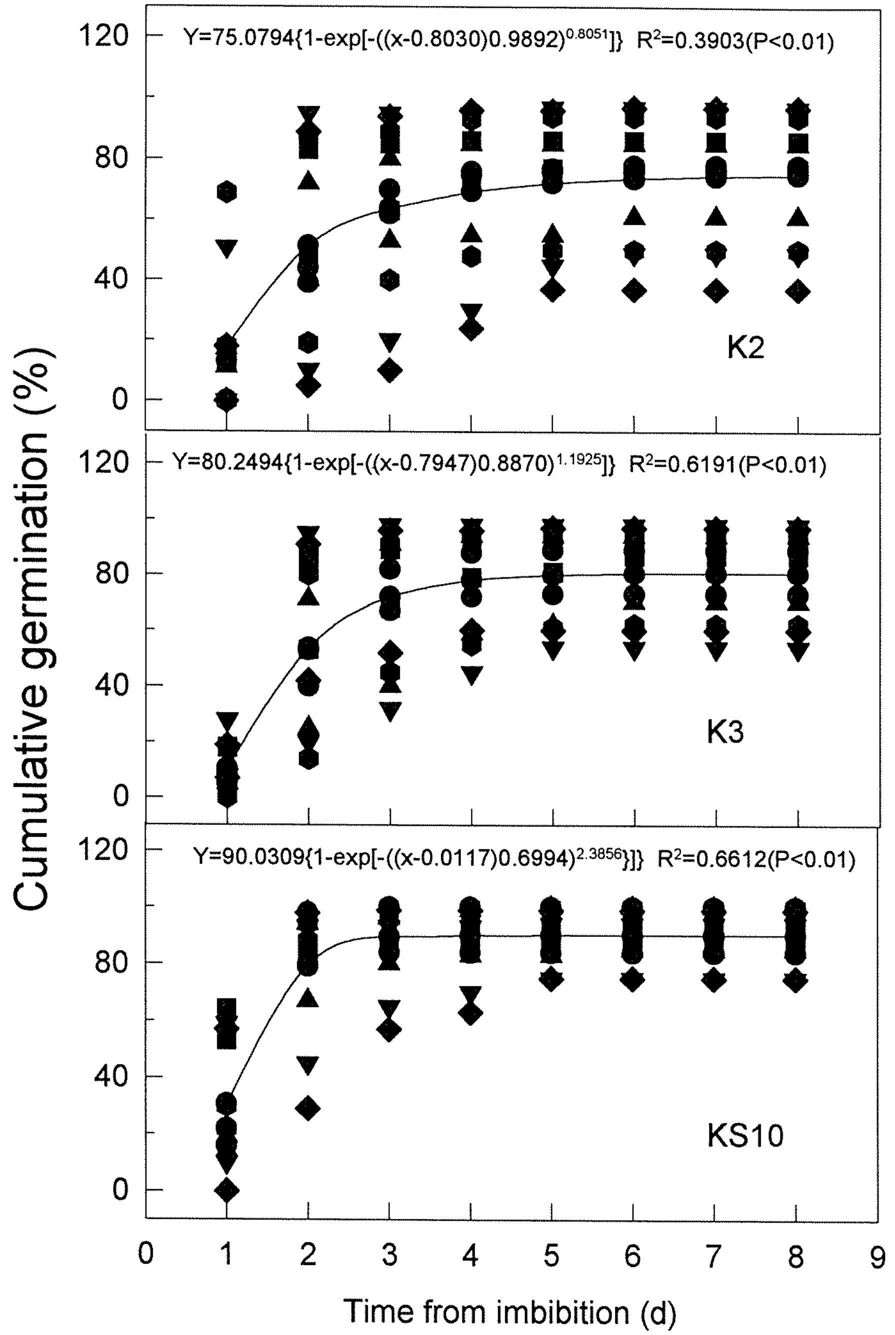

Fig 6. The fitted curves from Weibull function developed from the measured values of the cumulative germination set of *Glycine max* L. grown in 1994.

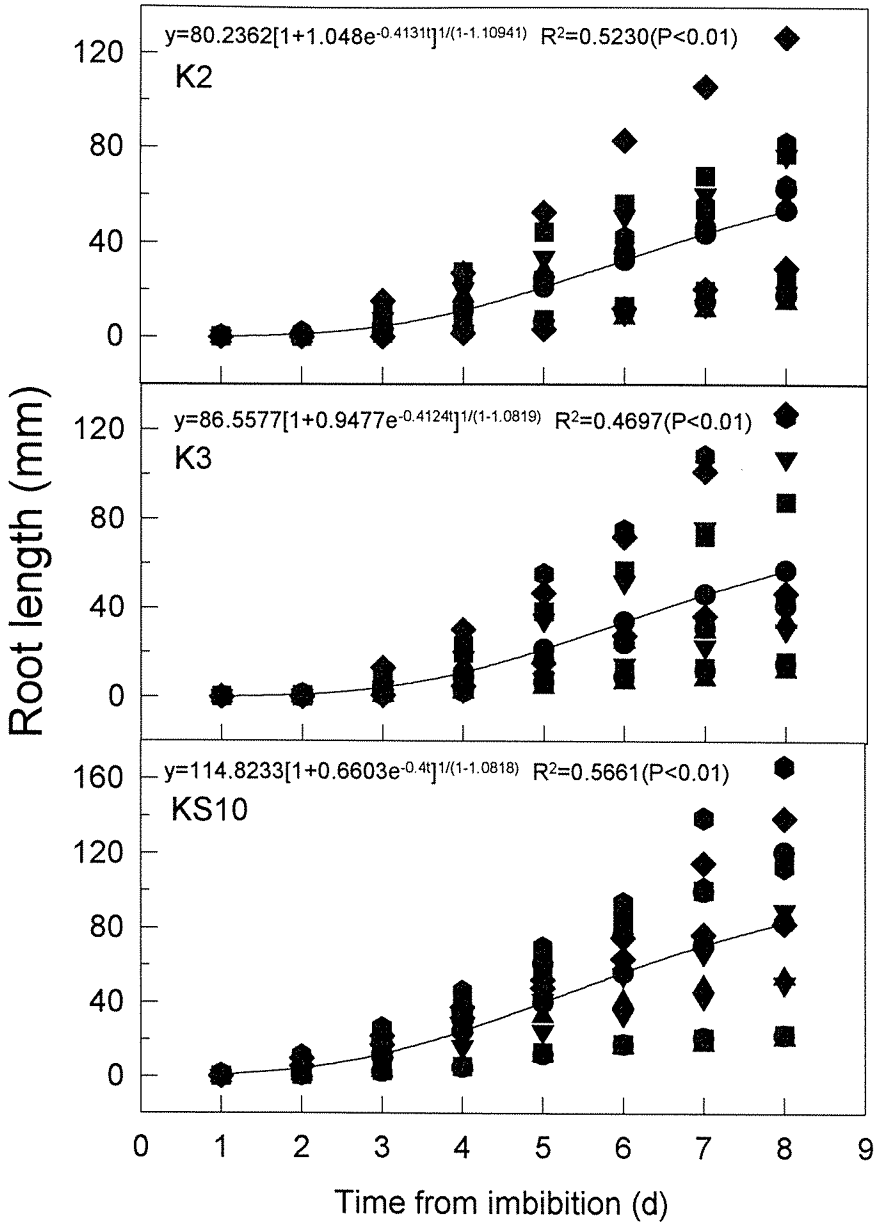

Fig 7. The fitted curves from Richards function developed from the measured values of the root length set for *Glycine max* L. grown in 1994.

持農民收穫物的保障。

誌　謝

臺灣省農業試驗所研究報告第1837號。本文研究承行政院農業委員會經費補助(84科技-23-糧-13-(1-13)，85科技-1.5-糧-01(15))，特此致謝。

引用文獻

Baker, J. T., L. H. Allen, Jr., K. J. Boote, P. Jones and J. W. Jones. 1989. Response of soybean to air temperature and carbon dioxide concentration. Crop Sci. 29: 78-105.

Britz, S. J. 1990. Regulation of photosynthate patitioning into starch in soybean leaves. Plant Physiol. 94:350-356.

Hammer G. L. and R. L. Vanderlip. 1989. Genotype-by-environment interaction in grain sorghum. I. Effect of temperature on radiation use efficiency. Crop Sci. 29: 370-376.

Huang, H.-J. and W.-L. Tsaur. 1994. Planting date effects on the growth and yield of determinate and indeterminate soybeans. J. Agric. Res. China 43:373-380.

Lee, Y.-J., C.-M. Yang, M.-R. Su and M.-J. Fan. 1996. Modeling climatic effects on seed germination of soybean (in Chinese). Chinese J. Agron. (submitted)

Reddy, K. R., V. R. Reddy and H. H. Hodges. 1992. Temperature effects on early season cotton growth and development. Agron. J. 84: 229-237.

Sinclair, R. R. and S. L. Rawlins. 1993. Interseasonal variation in soybean and maize yields under global environmental change. Agron. J. 85:406-409.

Steiner, J. J., D. F. and M. Tulo. 1989. Single and multiple vigor tests for predicting seedling emergence. Crop Sci. 29: 782-786.

Su, M.-R., C.-M. Yang and Y.-J. Lee. 1996. Response of soybean growth in early growing phase (in Chinese). J. Agric. Assoc. China (submitted)

Tekrony, D. M. and D. B. Egli. 1991. Relationship of seed vigor to crop yield: a review. Crop Sci. 31:816-822.

Tollenaar, M. 1989. Response of dry matter accumulation in maize to temperature: I. Dry matter partitioning. Crop Sci. 29: 1239-1246.

Wilson, D. O., Jr., J. C. Alleyne, B. Shafii and S. K. Mohan. 1992. Combining vigor test results for prediction of final stand of shrunken-2 sweet corn seed. Crop Sci. 32: 1496-1502.

Yang, C.-M. 1990. Effects of high temperature upon photosynthesis, respiration, and growth and yield of rice plants: A controlled environment study. Ph.D. diss. Texas A&M Univ., College Station, Texas, USA.

Yang, C.-M. and M.-J. Fan. 1996. Soybean yields response to planting dates and climatic factors. Chinese J. Agromet. 3: 9-16.